

**MAGNETO-RESISTIVE ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURE**

Publication number: JP2001283412 (A)

Also published as:

Publication date: 2001-10-12

JP4136261 (B2)

Inventor(s): KAMATA SHINGI; KISHI HITOSHI

US2001026424 (A1)

Applicant(s): FUJITSU LTD

US6954341 (B2)

Classification:

- international: G01R33/09; G11B5/39; H01L43/08; H01L43/12; G11B5/40;  
G01R33/06; G11B5/39; H01L43/00; H01L43/08; G11B5/40;  
(IPC1-7): G11B5/39; G01R33/09; H01L43/08; H01L43/12

- European: G11B5/39C2C; Y01N4/00; Y01N12/00

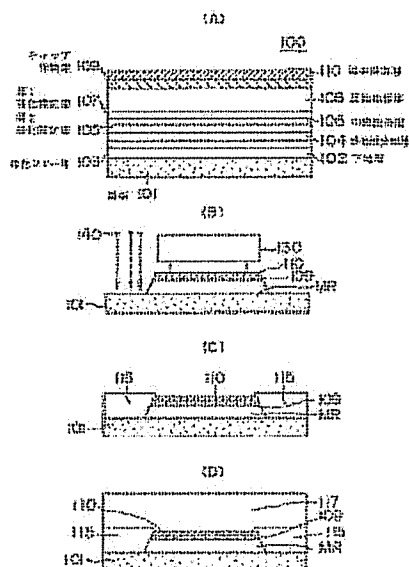
Application number: JP20000092227 20000329

Priority number(s): JP20000092227 20000329

## Abstract of JP 2001283412 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magneto-resistive element having a high sensitive overlaid structure without the increase of resistance between terminal electrodes due to the corrosion of a cap protecting film for protecting a magneto-resistive film. **SOLUTION:** The magneto-resistive element having the overlaid structure in which electrode terminal films are disposed so as to partially overlap the both end parts of the magneto-resistive film for converting a magnetic signal to an electric signal by utilizing the change of magnetic resistance comprises the magneto-resistive film, the cap protecting film for protecting the magneto-resistive film and a conductive conductor protecting film for protecting the cap protective film.

{A} から {D} の電圧抵抗値の増減を測定する  
回路を有する電圧抵抗素子 (電圧抵抗素子)



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2001-283412

( P2001-283412A )

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テ-マ-コ-ト*(参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| G 1 1 B 5/39              |      | G 1 1 B 5/39  | 2 G 0 1 7    |
| G 0 1 R 33/09             |      | H 0 1 L 43/08 | Z 5 D 0 3 4  |
| H 0 1 L 43/08             |      | 43/12         |              |
| 43/12                     |      | G 0 1 R 33/06 | R            |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-92227 (P2000-92227)

(22) 出願日 平成12年 3 月29日 (2000. 3. 29)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号

(72) 発明者 鎌田 親義

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内

(72) 発明者 岸 均

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

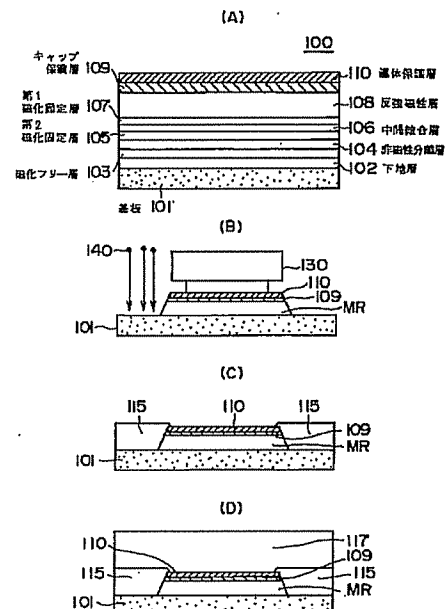
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜の腐蝕により端子電極間の抵抗が増加することがなく高感度なオーバーレイド構造とした磁気抵抗効果素子を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗変化を利用して磁気的信号を電気的信号に変える磁気抵抗効果膜の両端部に電極端子膜が一部重なるように配置されているオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子であって、前記磁気抵抗効果膜と、該磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜と、該キャップ保護膜を保護する導電性の導体保護膜とを含んでいる。

(A) から (D) のそれぞれは実施例のMR素子が完成するまでの各工程を示す図 ( その 1 )



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気抵抗変化を利用して磁気的信号を電気的信号に変える磁気抵抗効果膜の両端部に電極端子膜が一部重なるように配置されているオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子であって、前記磁気抵抗効果膜と、該磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜と、該キャップ保護膜を保護する導電性の導体保護膜とを含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記導体保護膜はAu、Pt及びCuからなる群から選択される1つであることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記導体保護膜をAu膜とし、その膜厚を10から100Åの範囲としたことを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 磁気抵抗効果膜、該磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜及び該キャップ保護膜を保護する導電性の導体保護膜を含む積層体を順に基板上に形成する工程と、前記積層体を所定寸法にパターンニングした後、該積層体の両端に磁区制御膜を形成する工程と、前記積層体及び前記磁区制御膜の上面に電極端子膜を形成する工程と、前記電極端子膜が前記積層体の両端部に一部重なるように残して、積層体の前記導体保護膜が露出するまでエッチングを行う第1除去工程と、前記キャップ保護膜が露出するまで前記導体保護膜のエッチングを行う第2除去工程とを含む、オーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子を製造する方法。

【請求項5】 前記導体保護膜をAu膜で形成すると共に、前記第1除去工程では反応性イオンエッチング法を用い、前記第2除去工程ではイオンミリング法を用いてAu膜の不要部分の除去を行うことを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子を製造する方法。

【請求項6】 前記導体保護膜をAu膜で形成すると共に、記第1除去工程及び第2除去工程ではイオンミリング法を用いて前記電極端子膜及びAu膜の不要部分の除去を行うことを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子を製造する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気抵抗(MR: Magneto Resistance)変化を利用し、磁気ディスク等の磁気記録媒体から発生している磁気的信号を読み取り、これを電気的信号に変える磁気抵抗効果素子(MR素子)に関する。MR素子は磁気ディスク記録装置の再生・記録ヘッド部の再生側ヘッドとして使用され、磁気ディスク上に記録されている磁気記録情報を高感度に読み出すことができる。なお、このように再生用ヘッドとして構成された場合のMR素子はMRヘッドと称されることもあ

る。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置に用いられるMRヘッドとして高感度な磁気抵抗効果膜を有するMR素子が開発されており、例えば、巨大磁気抵抗効果を利用するスピンバルブ型のMR素子が実用化されている。このスピンバルブ型のMRヘッドは、従来のMRヘッドに比べ磁気抵抗変化率が約6%以上も得ることができるため、高密度磁気ディスクへの適用が注目されている。

【0003】例えば40Gbit/inch<sup>2</sup>用高密度磁気ディスクでは、磁気記録媒体に書き込まれる信号のトラック密度が57~80kTPI、トラックピッチで0.45~0.32μmとなることが計算上求められている。このように微細に配列されたトラックから発生する磁気的信号を再生ヘッドで高効率に電気信号化するためには、MR素子(ヘッド)のリードコア幅を約0.25μm以下に微細化(狭幅化)する必要がある。このように、MR素子のリードコア幅は年々微細化されており、これに対応できるように加工するためには薄膜形成術の1つであるドライエッチング技術を用いてMR素子を高密度に加工することが必要不可欠となっている。

【0004】その一方で、このような厳しい加工条件においてもMR素子を構成する磁気抵抗効果膜を高感度に形成する必要がある。そのために、従来では例えばスピンバルブ型の素子を形成する工程において、反強磁性層が大気中で酸化され、またレジスト除去の際の薬液など外的要因によりダメージを受けるのを防ぐために、タンタル(Ta)などの反強磁性層と反応しない金属膜がキャップ保護膜として用いられている。

【0005】図1及び図2は従来のMR素子の概要構成を斜視図で示している。図1は従来一般的に用いられているアバテッド型のMR素子10であり、図2は最近、提案され始めているオーバーレイド型のMR素子20である。

【0006】図1に示すアバテッド型のMR素子10は、磁気抵抗効果膜(MR膜)13の両端に端子電極膜11と共に磁区制御膜12を積層状態に配置し、磁気抵抗効果膜13内の磁化フリー層の磁区構造を制御する。ここでは、その詳細は示されていないが、MR膜13として用いられるスピンバルブ膜は基本的に磁化フリー層、非磁性分離層、磁化固定層及び反強磁性層を積層した構成を有している。

【0007】そして、磁区制御膜12をMR膜13の両端に配置することで磁化フリー層内の単磁区化を図り磁壁の移動を抑えてバルクハウゼンノイズを除去し、外部からの信号磁界Hsig(磁気的信号)に対して磁化フリー層内の磁化の向きを回転させることで磁気的信号を電気的信号に変換するようにしている。しかし、MR膜13の端部(すなわち磁化フリー層の端部)は磁区制御膜12に接しており、この接触部分では磁化フリー層によ

り強いバイアス磁界が磁区制御膜12から供給される。そのため、磁化フリー層の両端部において磁化が固着した領域、つまり不感帯16が発生している。そして、磁気的信号の変化を検出するためのセンス電流14がこの不感帯16に流れるので検出感度が低下する原因となっている。すなわち、前述したような狭リードコア幅0.25 $\mu$ m以下の場合に、磁気抵抗変化を示す磁化フリー層の磁化回転帯17の範囲が不感帯16によって狭められてしまうので、設計したリードコア幅とならず出力及び感度が大幅に低下するという問題が発生している。

【0008】そこで、上記問題を解決できるMR素子として、図2に示すような端子オーバーレイ型と称され、端子電極膜21が磁気抵抗効果膜(MR膜)23の端部に被った(オーバーラップ部28を有する)構造のMR素子20が最近では注目されている。図1のアパテッド型で問題となった不感帯26がオーバーラップさせた電極端子21、21間の外側に位置することになるので、不感帯26を回避してセンス電流24を流して回転磁化帯27の抵抗変化量をより高感度に検出できるので出力向上が期待できるものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前記オーバーレイ型のMR素子20においても、磁気抵抗効果膜の成膜から電極端子層を形成するまでの過程で、磁気抵抗効果膜を保護するために前述したようなキャップ保護膜が用いられている。このキャップ保護膜はレジストによるパターニング、ウェット処理、ドライエッチングなどの数多くのプロセスに曝されている。オーバーレイ型のMR素子20は、電極端子膜21の先端部分から不感帯26を回避して磁気抵抗効果膜23の磁化回転帯27に効率よくセンス電流24を流す構造である。しかし、従来から一般的に用いられているタンタル(Ta)等の比較的、表面酸化し易い金属膜がキャップ保護膜として用いられていた場合は、Ta表面に発生する酸化層(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)によりキャップ保護膜と電極端子層との接触界面における抵抗が大幅に増加する。これによりセンス電流が流れ難くなることや、これに起因してセンス電流が回避すべき不感帯26を流れてしまうため、磁気抵抗効果膜の感度及び出力が低下してしまうという問題が発生している。

【0010】さらに、上記のようにTa等の金属膜をキャップ保護膜として用いた場合、電極端子形成時におけるドライエッチングのマージンが狭いことから、若干オーバーエッチングした場合には反強磁性層へ大きなダメージ、つまり交換結合磁界(H<sub>u</sub>a)への影響を与えてしまい、磁気抵抗特性が低下してしまうという問題も有している。

【0011】したがって、本発明の主な目的は、磁気抵抗効果膜を保護するために設けられたキャップ保護膜の腐蝕により端子電極間の抵抗が増加することがなく高感

度なオーバーレイ構造の磁気抵抗効果素子を提供することである。さらに、本発明の目的には、前記磁気抵抗効果素子を形成する際にプロセスマージンを大きくとって製造することができる工程を提供することを含む。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的は請求項1に記載される如く、磁気抵抗変化を利用して磁気的信号を電気的信号に変える磁気抵抗効果膜の両端部に電極端子膜が一部重なるように配置されているオーバーレイ構造の磁気抵抗効果素子であって、前記磁気抵抗効果膜と、該磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜と、該キャップ保護膜を保護する導電性の導体保護膜とを含む磁気抵抗効果素子により達成される。

【0013】請求項1記載の発明によれば、キャップ保護膜が磁気抵抗効果膜を保護し、さらにキャップ保護膜は導電性の導体保護膜により保護されている。よって、従来のようにキャップ保護膜が製造工程で酸化することによる問題は解消され、高感度な磁気抵抗効果素子とすることができる。

【0014】ここで、導体保護膜は製造工程において、キャップ保護膜が酸化(腐蝕)されることを抑制する耐腐蝕性を備えると共に、最終形態としてオーバーレイ構造の磁気抵抗効果素子となったときには、磁気抵抗効果膜の両端部にオーバーラップして配置されるので電極端子膜の下に残り、センス電流を円滑に流す導電性を備えた材料である。

【0015】また、前記キャップ保護膜は、製造工程で磁気抵抗効果膜にダメージを生じさせないような保護機能及び磁化方向を固定するためのアニール工程で磁気抵抗効果膜と反応することがない安定な物質であればよい。このキャップ保護膜には、従来と同様にタンタル(Ta)を用いることができる。タンタルは前述したように多数のプロセスに曝されると表面に酸化層を形成する傾向があるが、本発明の磁気抵抗効果素子はタンタルを保護する導体保護膜を有しているので、かかる問題が発生することがない。よって、従来のMR素子に改良を加えて高感度なオーバーレイ構造の磁気抵抗効果素子を提供できることになる。

【0016】また、請求項2に記載される如く、請求項1記載の磁気抵抗効果素子において、前記導体保護膜はAu、Pt及びCuからなる群から選択される1つとして構成とすることができる。Au等は磁気抵抗効果素子の製造工程でキャップ保護膜が酸化することを防止し、さらに導電性も備えているので好ましい。これらの材料は両電極端子を形成するために実施されるエッチング工程でエッチングストップ膜としての機能も発揮する。よって、キャップ保護膜までエッチングが進んでいしまうことが確実に抑制できる。この点からもエッチングレートの高いタンタルをキャップ保護膜として使用することを可能としている。また、製造工程でプロセスマージン

を大きく取れるというメリットもある。

【0017】また、請求項3に記載される如く、請求項2記載の磁気抵抗効果素子において、前記導体保護膜をAu膜とし、その膜厚を10から100Åの範囲とすることが好ましい。前記導体保護膜として、最も好ましいのはAuであり、その膜厚について特に上限値はないが、好ましくは10から100Å、より好ましくは30から100Å、更に好ましくは70から100Åである。

【0018】前記範囲の膜厚を有する金膜は十分なエッチング耐性を備えてストップ膜として機能し、さらにその後の除去工程で取り除くことが容易である点から好ましい。

【0019】さらに、前記磁気抵抗効果素子の好ましい製造方法を提供するという観点によると請求項4に記載される如く、磁気抵抗効果膜、該磁気抵抗効果膜を保護するキャップ保護膜及び該キャップ保護膜を保護する導電性の導体保護膜を含む積層体を基板上に順に形成する工程と、前記積層体を所定寸法にパターニングした後、該積層体の両端に磁区制御膜を形成する工程と、前記積層体及び磁区制御膜の上面に電極端子膜を形成する工程と、前記電極端子膜が前記積層体の両端部に一部重なるように残して、積層体の前記導体保護膜が露出するまでエッチングを行う第1除去工程と、前記キャップ保護膜が露出するまで前記導体保護膜のエッチングを行う第2除去工程とを含む、製造方法によっても上記目的を達成することができる。

【0020】請求項4の発明によれば、第1除去工程でのエッチングにより積層体の両端部にオーバーラップした電極端子膜を形成しつつ導体保護膜が露出し、さらに第2除去工程のエッチングにより導体保護膜が除去される。よって、導体保護膜下のキャップ保護膜を保護しつつオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子を製造できる。その際、導体保護膜としては、金等のように導電性を有すると共に、所定のエッチング処理に対して耐性を有する材料を用いることが好ましい。

【0021】また、請求項5に記載される如く、請求項4記載の磁気抵抗効果素子を製造する方法において、前記導体保護膜をAu膜で形成すると共に、前記第1除去工程では反応性イオンエッチング法を用い、前記第2除去工程ではイオンミリング法を用いてAu膜の不要部分の除去を行うこととすることができる。

【0022】請求項5記載の発明によれば、Au膜は反応性イオンエッチングに対して大きな耐性を有するので第1除去工程ではAu膜を露出させた状態で止めることができ、さらに第2除去工程ではイオンミリングによりAu膜を物理的に除去することができる。よって、キャップ保護膜を確実に保護しつつエッチングを実施することができ、最後にAu膜の不要部分は除去されるので、磁気抵抗効果素子となったときに電極端子間でセンス電

流が短絡（シャント）するという問題も生じない。

【0023】また、請求項6に記載される如く、請求項4記載の磁気抵抗効果素子を製造する方法において、前記導体保護膜をAu膜で形成すると共に、記第1除去工程及び第2除去工程ではイオンミリング法を用いて前記電極端子膜及びAu膜の不要部分の除去を行うこととすることができる。

【0024】請求項6記載の発明によれば、1回のイオンミリング法でキャップ保護膜及び導体保護膜のAu膜まで除去でき、除去工程を簡素化することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかるオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子の実施例を図面にに基づきより詳細に説明する。

【0026】本実施例の磁気抵抗効果素子（MR素子）はオーバーレイド型であり、その基本構成は図2に示した従来のものと同様である。よって、ここでは重複した説明は省略し、MR素子の製造工程を説明することにより詳細な内容を明らかにする。

【0027】図3から図5のそれぞれには、本実施例のMR素子が完成するまでの各工程が示されている。

【0028】図3（A）には、MR素子が有する磁気抵抗効果膜（MR膜）の詳細な構成を示している。MR膜の積層体100は図示せぬスパッタ装置を用いて、真空中で連続的に形成することができる。

【0029】本実施例の場合、5インチのSi/SiO<sub>2</sub>基板101上に、下地層102としてTaを50Å、磁化フリー層103としてNiFe20Å/CoFeB15Å、非磁性分離層104としてCuを28Å、第2磁化固定層105としてCoFeBを20Å、中間結合層106としてRuを8.2Å、第1磁化固定層107としてCoFeBを15Å、反強磁性層108としてPdPtMnを130Å、を下から順に積層してスピバルブ膜とし、その上にキャップ保護膜109としてTaを60Å、さらに導電性保護膜110としてAu50Åを形成している。

【0030】本実施例のMR素子では、上記スピバルブ膜の最上層となる反強磁性層108の保護のためキャップ保護膜109が形成され、このキャップ保護膜109が製造工程中で酸化されることを防止するため導電性保護膜110が設けられている。

【0031】なお、本実施例では、磁化固定層が第1磁化固定層107、中間結合層106及び第2磁化固定層105の3層で構成される例を示している。

【0032】また、上記積層体100で本来のMR膜として機能する部分は、磁化フリー層103、非磁性分離層104、第2磁化固定層105、中間結合層106、第1磁化固定層107及び反強磁性層108からなるスピバルブ膜となる部分である。以下に示す図ではスピバルブ膜に相当する部分をMR膜と省略して示す。

【0033】上記のように積層体100を形成した後、薄膜形成技術を用いた複数工程を経て、最終的にMR素子が形成される。各工程について図3(B)以降を参照して説明する。

【0034】図3(B)では、レジスト130を積層体100上に塗布した後、露光と現像によりパターンニングしてマスクを形成する工程を示す。このマスクに基づきイオンミリング処理140を行い、MR膜を所定寸法に加工する。

【0035】本実施例ではステッパを使用して、レジスト130の厚さ $1.0\mu\text{m}$ のパターンを形成した。その後、アルゴン(Ar)イオンが基板101の面に対して垂直に入射する角度を設定してイオンミリング処理を行い、レジスト130によりマスクされていないMR膜の不要部分の切削加工を行った。

【0036】図3(C)は、前記レジスト130をマスクとして用いて磁区制御膜115を成膜し、レジスト130を除去する工程を示す。本実施例では、磁区制御膜115としてCoCrPtをスパッタリング法で成膜し、 $\text{O}_2$ プラズマ処理或いはレジスト剥離液を用いてレジスト130を除去する。なお、図3(C)はレジスト130を除去した状態を示している。MR膜の両端には磁区制御膜115が形成され、そのその上部にはTaのキャップ保護膜109、さらにその上にAuの導体保護膜110が配設された状態となる。

【0037】図3(D)は、図3(C)示した構造の上にTa $70\text{\AA}$ を下地とし、電極端子膜117としてMoを $500\text{\AA}$ 成膜した状態を示す。

【0038】図4(E)は、ステッパを使用して、図3(D)示した構造の上にレジスト135を約 $1.0\mu\text{m}$ 塗布し、端子電極に対応したパターンを形成する工程を示す。ここでのパターンは前述したようにMR膜の両端に電極端子がオーバーラップするような設計に基づいて形成される。

【0039】図4(F)は、上記レジスト135をマスクとし、反応性イオンエッチング(RIE)処理により、MR膜の両端に電極端子膜117A、117Bを形成する工程を示す。本実施例では、フッ素含有ガス $\text{SF}_6$ を用いた反応性イオンエッチング(RIE)処理を行っている。このAu膜よりなる導体保護膜110はフッ素含有ガスによりエッチングされないことから、エッチングストップ膜として機能する。よって、この導体保護膜110はキャップ保護膜109(Ta)上に配置しているので、従来のようにエッチングによりTaの表面に酸化層がするといった問題を生じない。

【0040】なお、本実施例では導体保護膜110を用いることで、ジャストエッチングに対して20%のオーバーエッチングを行ったが、キャップ保護膜109が露出することはなかった。よって、このAu膜によりプロセスマージンを大きく取れるという製造上のメリットも

生じる。

【0041】図4(G)は、上記導体保護膜110を除去するためのイオンミリング処理144を行う工程を示している。アルゴン(Ar)イオンが基板101の面に対して垂直に入射する角度を設定して数秒間処理を行い、レジスト135によりマスクされていないAu膜の部分(不要部分)の切削加工を行った。この除去工程により、導電性を有する導体保護膜110が両端の端子電極膜117Aと117Bを接続しているような状態が解消されるので、センス電流がシャントして検出感度を低下させるような事態を予防できる。

【0042】また、本工程ではAu膜が物理的にエッチングされるが、その下のキャップ保護膜109の方がイオンミリングへの耐性の方が高いので、MR膜上にTaのキャップ保護膜109を形成した状態で処理を停止することができる。

【0043】図5(H)には、マスクとして使用したレジスト135を除去し、最終構造のMR素子200が示されている。レジスト135の除去は、 $\text{O}_2$ プラズマ処理或いはレジスト剥離液を用いて実施することができる。

【0044】上記のように形成されるMR素子200のキャップ保護膜109は終段の工程で導体保護膜110が除去されるまで保護されている。よって、その表面に酸化層が形成されることがないのでMR膜で検出する磁気的信号を高感度に検出することができる。また、端子電極膜117Aと117Bの下部に残る導体保護膜110は本来的に高い導電性を有しているのでセンス電流へ影響を及ぼすこともない。

【0045】本実施例のMR素子200は狭いリードコア幅に形成でき、オーバーレイ構造であるので不感帯の影響を受けることもないので、高記録密度に対応したものとなる。

【0046】上記のように製造されるMR素子200を図6に示すような4端子素子TEG(Test Element Group)パターンにより評価を行った。図7にはTEGパターン評価の結果が示されている。図7から明らかなように、本実施例のMR素子200は $-4000\text{e}$  ( $-3.2 \times 10^4 \text{ A/m}$ ) から  $+4000\text{e}$  ( $+3.2 \times 10^4 \text{ A/m}$ ) の範囲で好ましい磁気抵抗変化率(MR Ratio)を有している。なお、点線で示したのは従来のMR素子に関する結果で、キャップ保護膜の表面に酸化層が形成され場合に磁気抵抗変化率が急激に低下することが示されている。

【0047】さらに、本発明に関して、上記キャップ保護膜上に形成した導体保護膜による保護の状態を確認するために次のような評価を行った。キャップ保護膜にはTa、導体保護膜にはAuを用いた。

【0048】5インチのSi/SiO<sub>2</sub>基板上に、Taを $100\text{\AA}$ 成膜し、その上にAuを $700\text{\AA}$ 成膜して評

価用の積層体を製作した。この積層体に対してフッ素含有ガスによるAu膜のエッチング速度を求めた。なお、反応性イオンエッチング処理の条件は、プラズマ出力：100W、バイアス出力：10W、プロセスガス圧力：0.2Pa及び0.5Paで行った。

【0049】その結果として図8はAu膜に対するエッチング時間とエッチング量との関係を示す。図8でフッ素含有ガスSF<sub>6</sub>によるAu膜のエッチング速度は0.08Å/secと極めて遅いことが確認できる。この測定は蛍光X線分析法により行っている。これにより、反応性イオンエッチング(RIE)により電極端子膜を加工する際、オーバーエッチングを行っても導体保護膜Auのエッチング量が少ないため、エッチングストップ膜として良く機能していることが確認できる。よって、その下部に配設されるキャップ保護膜は有効に保護されるので酸化して問題を生ずることがなく、プロセスマージンを広く取ることもできる。

【0050】さらにAu膜の膜厚の違いによる評価を行った。5インチのSi/SiO<sub>2</sub>基板上に、下から順に下地層としてTa50Å、磁化フリー層としてNiFe20Å/CoFeB15Å、非磁性分離層としてCu28Å、第2磁化固定層としてCoFeB20Å、中間結合層としてRu8Å、第1磁化固定層としてCoFeB15Å、反強磁性層としてPdPtMn130Åをスピバルブ膜(SV膜)を形成した。このSV膜上にキャップ保護膜としてTa60Åを積層し、さらにその上に導体保護膜としてAu膜を0、10、30、50、100Åと膜厚を変えて積層した。すなわち、Au膜の厚さを0Å(膜なし)、10、30、50、100Åとして積層体を5種類準備した。異なる膜厚のAu膜を付したことによるフッ素ガス含有SF<sub>6</sub>に対する耐性の評価を行った。

【0051】なお、エッチング処理の条件は、プロセスガス圧力：0.5Pa、プラズマ出力：100W、バイアス出力：10W、Vdc：10V、基板温度20℃で行った。

【0052】図9(A)はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と反強磁性層による交換結合磁界(H<sub>ua</sub>)との関係について示す図である。図9(A)からAu膜を10から30Å形成するだけで改善が見られ、さらに50Å以上のAu膜をキャップ保護膜上に形成すると製造工程でエッチング処理を受けてもMR膜の磁気抵抗特性を好ましい状態に維持できることが確認された。また、Au膜を30Å成膜した場合は120秒程度までMR素子上の端子をオーバーエッチングしてもH<sub>ua</sub>等の特性にダメージを与えないことが確認できる。

【0053】このような好ましい交換結合磁界(H<sub>ua</sub>)を有するMR素子となるのは、製造工程でAu膜がTa膜を保護するので、Ta膜下に配設されているMR膜にもダメージを生じさせない。

【0054】図9(B)はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と磁気抵抗変化率との関係について示す図である。図9(B)からAu膜を10から30Å形成するだけで改善が見られ、さらに50Å以上のAu膜をキャップ保護膜上に形成すると製造工程でエッチング処理を受けてもMR膜の磁気抵抗特性を好ましい状態に維持できることが確認できる。Au膜が10Åでは60秒位ならオーバーエッチングしても問題がないことが分かる。また、Au膜を30、50、70、100Åとした場合にはオーバーエッチングとなる200sec以上で磁気抵抗変化率が上昇することも確認できる。特に70、100Åとした場合にはオーバーエッチングとするほど磁気抵抗変化率が上昇している。

【0055】このような好ましい磁気抵抗変化率を有するMR素子となるのは、MR素子を保護するために設けられたキャップ保護膜(Ta)がその上に形成されたAu膜により保護されるため、キャップ保護膜がその役割を十分に果たすためである。また、オーバーエッチングとした場合に磁気抵抗変化率が上昇するのは、Au膜がエッチングストップ膜として機能を果たしながらも時間と共にエッチングされ薄膜化することで電極端子間のシャント効果が抑制されるために生じた効果であると推測できる。

【0056】なお、前述した実施例では第1除去工程として反応性イオンエッチング処理を行い、その後第2除去工程としてイオンミリング処理を行ったが、第1除去工程及び第2除去工程を1回のイオンミリング処理で実施することもできる。この場合は除去工程を簡素化できる。

【0057】また、上記実施例ではMR膜として反強磁性が上部に形成される順積層タイプのスピバルブ膜について説明したが、下から反強磁性、磁化固定層、非磁性分離層、磁化フリー層の順に積層したいわゆる逆積層タイプのスピバルブ膜についても同様に本発明を適用できる。この場合にはスピバルブ膜の磁化フリー層を保護するキャップ保護膜で導体保護膜で保護することになる。

【0058】さらに、本発明はNiFe等の単層で形成したMR膜を有するMR素子にも同様に適用することができる。

【0059】以上本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明に係る特定の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0060】

【発明の効果】以上詳述したところから明らかなように、請求項1記載の発明によれば、キャップ保護膜が磁気抵抗効果膜を保護し、さらにキャップ保護膜は導電性の導体保護膜により保護されている。よって、従来のようにキャップ保護膜が製造工程で酸化することによる問

題は解消され、微細加工が可能で高感度な磁気抵抗効果素子とすることができる。

【0061】また、請求項2及び3記載の発明によれば、Au等は磁気抵抗効果素子の製造工程でキャップ保護膜が酸化することを防止し、さらにキャップ保護膜までエッチングが進んでしまうことも抑制できるので、磁気抵抗効果膜を確実に保護できる。

【0062】さらに、請求項4記載の発明によれば、導体保護膜下のキャップ保護膜を保護しつつ高感度なオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子を製造できる。

【0063】また、請求項5記載の発明によれば、キャップ保護膜を確実に保護しつつエッチングを実施することができ、プロセスマージンを広く取って高感度な磁気抵抗効果素子を製造できる。

【0064】また、請求項6記載の発明によれば、1回のイオンミリング法のみで、キャップ保護膜を保護しつつ導体保護膜のAu膜まで除去でき、除去工程を簡素化することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来のアバテッド型MR素子の概要構成を示す図である。

【図2】従来のオーバーレイド型MR素子の概要構成を示す図である。

【図3】(A)から(D)のそれぞれは実施例のMR素子が完成するまでの各工程を示す図である。

【図4】(E)から(G)のそれぞれは実施例のMR素子が完成するまでの各工程を示す図である。

【図5】(H)は実施例のMR素子の最終工程を示す図

である。

【図6】実施例のMR素子を評価するための4端子素子TEGパターンを示す図である。

【図7】図6のTEGパターン評価に基づく結果を示す図である。

【図8】Au膜に対するエッチング時間とエッチング量の関係を示す図である。

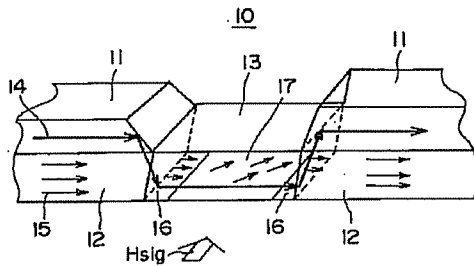
【図9】(A)はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と反強磁性層による交換結合磁界(H<sub>ua</sub>)との関係について示す図である。(B)はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と磁気抵抗変化率との関係について示す図である。

#### 【符号の説明】

|     |               |
|-----|---------------|
| 100 | MR積層体         |
| 101 | 基板            |
| 102 | 下地層           |
| 103 | 磁化フリー層        |
| 104 | 非磁性分離層        |
| 105 | 第2磁化固定層       |
| 106 | 中間結合層         |
| 107 | 第1磁化固定層       |
| 108 | 反強磁性層         |
| 109 | キャップ保護膜       |
| 110 | 導体保護層         |
| 115 | 磁区制御膜         |
| 117 | 電極端子膜         |
| 142 | 反応性イオンエッチング処理 |
| 144 | イオンミリング処理     |

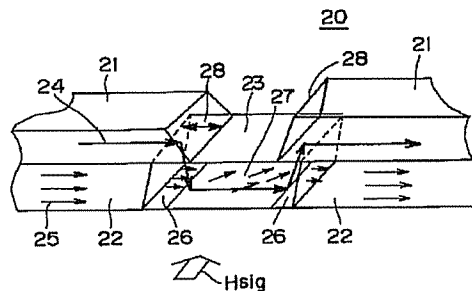
【図1】

従来のアバテッド型MR素子の概要構成を示す図



【図2】

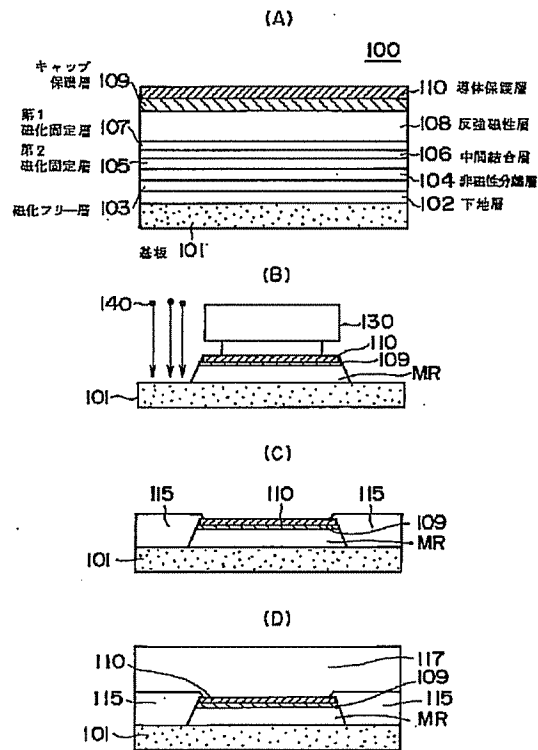
従来のオーバーレイド型MR素子の概要構成を示す図





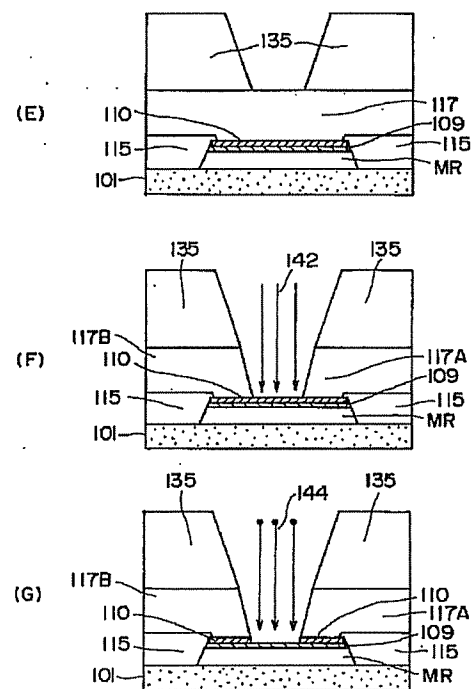
【図3】

(A) から (D) のそれぞれは実施例のMR素子が完成するまでの各工程を示す図 (その1)



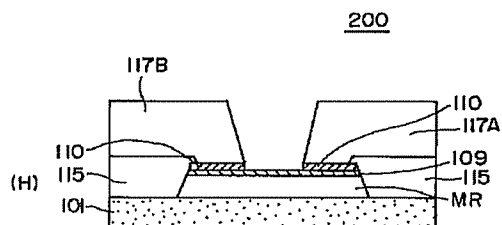
【図4】

(E) から (G) のそれぞれは実施例のMR素子が完成するまでの各工程を示す図 (その2)



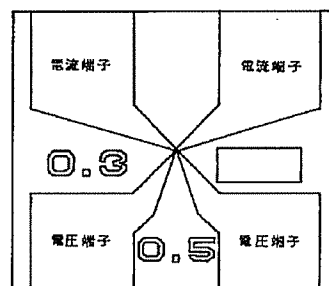
【図5】

(H) は実施例のMR素子の最終工程を示す図 (その3)



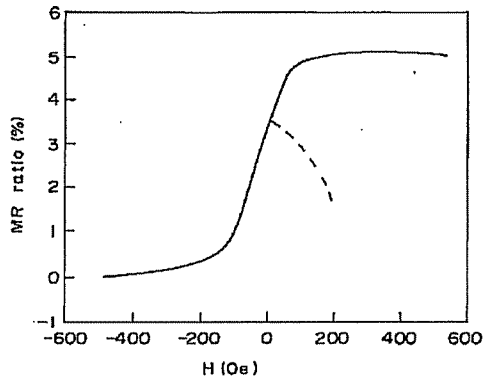
【図6】

実施例のMR素子を評価するための4端子素子TEGパターンを示す図



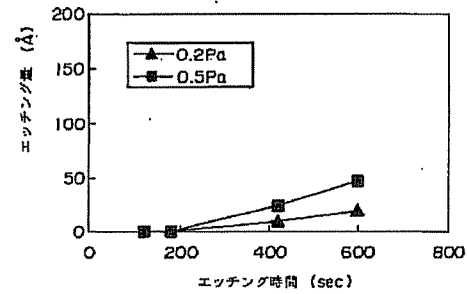
【図7】

図8のTEGパターン評価に基づく結果を示す図



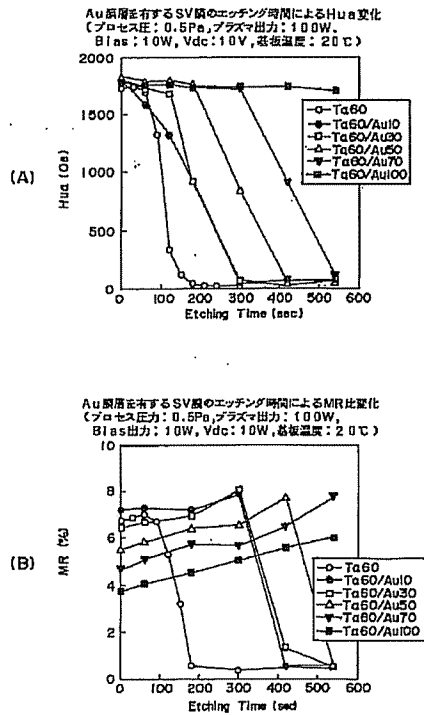
【図8】

Au膜に対するエッチング時間とエッチング量の関係を示す図



【図9】

(A) はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と反強磁性層による交換結合磁界 ( $H_{ua}$ ) との関係について示す図  
(B) はAu膜厚を変えたときのエッチング時間と磁気抵抗変化率との関係について示す図



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G017 AA01 AD55 CA12 CB28  
5D034 BA05 BA08 BA17 CA04 CA08  
DA07